



## **Projeto de uma ETAR de 3200 habitantes equivalentes**

**MARIA RAQUEL SOUSA TEIXEIRA DA SILVA MENDES**

Novembro de 2015

# **Projeto de uma ETAR de 3200 habitantes equivalentes**

**Mestrado em Engenharia Química**

**Ramo de Tecnologias de Proteção Ambiental**

**Maria Raquel Mendes**

**Orientação: Engenheira Leonilde Cistina Morais**

---

---

## SUMÁRIO

A atividade humana e industrial usa a água para as suas atividades do quotidiano. A água é um recurso natural escasso cuja qualidade deve ser protegida, defendida, gerida e tratada em conformidade com o seu uso. Nesse âmbito, a gestão das águas prossegue objetivos de proteção da saúde humana e de preservação, proteção e melhoria da qualidade do ambiente<sup>[1]</sup>.

Desde o final do século XIX até aos dias de hoje, verificou-se uma forte evolução nos sistemas de tratamento de águas residuais. Esta evolução foi fundamental para dar resposta às maiores exigências de qualidade do efluente tratado. O sistema de lamas ativadas é um dos processos de tratamento biológico das águas residuais mais usados em todo o mundo.

Este trabalho consiste no desenvolvimento do projeto de conceção e dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) para servir um pequeno aglomerado de cerca de 3200 habitantes equivalentes (hab.eq.), tendo como objetivo o dimensionamento de todas as etapas de tratamento necessárias ao cumprimento da legislação em vigor para a descarga das águas residuais urbanas no meio recetor. O Decreto-lei n.º 152/97<sup>[2]</sup>, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas, juntamente com o Decreto-lei n.º 149/2004<sup>[3]</sup> que identifica as zonas sensíveis e de zonas menos sensíveis, permitem que as entidades licenciadoras definam o grau de tratamento que a instalação deve possuir tendo em consideração a classificação do meio onde o efluente tratado é descarregado. O Decreto-Lei n.º 135/2009<sup>[1]</sup> estabelece o regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares, impondo a qualidade microbiológica da água residual tratada mediante o meio recetor, e portanto conseguindo-se assim definir o tratamento de desinfecção a adotar.

Resumidamente, a conceção do tratamento focou as seguintes etapas: tratamento preliminar formado por uma unidade compacta de tamisação, desarenador e desengordurador, tratamento secundário por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado constituído por dois reatores com cerca de 400 m<sup>3</sup> de volume seguido de um decantador com um diâmetro de 9.5 m, tratamento terciário de desinfecção composto por uma microtamisação seguido de desinfecção UV, e a utilização das operações comuns de espessamento e desidratação das lamas produzidas em excesso pelo tratamento, constituída por com um espessador gravítico com 4.6 m de diâmetro, e um filtro banda para a desidratação.

---

## ABSTRACT

Human and industrial activity uses water for their everyday activities. Water is a scarce natural resource, the quality of which should be protected, defended, managed and treated in accordance with its use. In this context, water management pursues objectives of protection of human health and the preservation, protection and improvement of environmental quality <sup>[3]</sup>.

From the late 19th century to the present day, a strong improvement in the wastewater treatment systems has occurred. This improvement has been essential to comply the highest quality requirements of the treated effluent. The activated sludge system is the biological treatment process of wastewater most used worldwide.

This work consists of the development of project design and dimensioning of a Wastewater Treatment Plant (WWTP) to serve a small population of about 3200 equivalent inhabitants, aimed to the design of all stages of treatment necessary to comply with legislation in force for the discharge of urban waste water in the receiving environment. Decree-Law No. 152/97 <sup>[2]</sup>, concerning the treatment of urban waste water, together with the Decree Law No. 149/2004<sup>[3]</sup>, identifies sensitive and less sensitive areas, allows the license authorities to define the treatment that installation must have taking into account the classification of the environment where the treated effluent is discharged. The Decree-Law No. 135/2009<sup>[1]</sup> establishes the identification regime, management, monitoring and classification of bathing water quality, imposing the microbiological quality of treated wastewater by means of the receiver environment, and therefore allowing the definition of the treatment of disinfection to be adopted.

Briefly, the design of the treatment focused on the following steps: pre-treatment, secondary treatment by means of activated sludge in the extended aeration regime, tertiary disinfection treatment, and the use of common thickening and dehydration operations of sludge which is produced in excess by the treatment.

## ABREVIATURAS E NOMENCLATURA

AOR	actual oxygen requirements, necessidades de oxigénio
AR	água residual
CBO <sub>5</sub>	carência bioquímica de oxigénio
CQO	carência química de oxigénio
EE	estação elevatória
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
F/M	food/microorganisms; alimento/microorganismos; carga mássica
FS	fossas seticas
hab.eq.	habitantes equivalentes
IVL	índice volumétrico de lamas
LE	lamas em excesso
MLSS	mixed liquor suspended solids
MLVSS	mixed liquor volatil suspended solids
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
N	azoto
N <sub>kj</sub>	azoto kjeldahl
N-NH <sub>4</sub>	azoto amoniacal como N
NO <sub>3</sub> -N	nitratos como N
N-Total	azoto total
O&G	óleos e gorduras
P	fosforo
PEAD	poliester de alta densidade
Q <sub>m</sub>	caudal médio
Q <sub>p</sub>	caudal de ponta
SBR	Sequencing Batch Reactor
SSF	sólidos suspensos fixos
SST	sólidos suspensos totais
SS <sub>v</sub>	sólidos suspensos voláteis
SS <sub>v</sub> NB	sólidos suspensos voláteis não biodegradável
SVI	sludge volume index; índice volumétrico de lamas
T	temperatura
U.V.	ultra violeta
V <sub>Reator</sub>	volume do reator

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. DADOS DE BASE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. HORIZONTE DE PROJETO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. CARACTERÍSTICAS DA AFLUÊNCIA DE ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. OBJETIVOS DE QUALIDADE .....</b>	<b>10</b>
2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO RECETOR.....	10
2.3.2. EFLUENTE PARA DESCARGA NO MEIO RECETOR.....	10
2.3.3. LAMAS DESIDRATADAS .....	10
2.3.4. EMISSÃO DE RUÍDO .....	11
<b>3. CONCEPÇÃO PROCESSUAL E FUNCIONAL.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. FASE LÍQUIDA.....</b>	<b>13</b>
3.2.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS LAMAS PROVENIENTES FOSSAS SÉPTICAS.....	13
3.2.2. TRATAMENTO PRELIMINAR .....	14
3.2.3. TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	14
3.2.4. DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA, RECIRCULAÇÃO E EXTRAÇÃO DE LAMAS .....	16
3.2.5. TRATAMENTO TERCIÁRIO .....	17
3.2.6. MEDIÇÃO DE CAUDAL .....	18
<b>3.3. FASE SÓLIDA.....</b>	<b>18</b>
3.3.1. ESPESAMENTO GRAVÍTICO .....	18
3.3.2. DESIDRATAÇÃO MECÂNICA.....	19
<b>3.4. BY-PASS .....</b>	<b>19</b>
<b>4. CRITÉRIOS E RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. FASE LÍQUIDA.....</b>	<b>20</b>
4.1.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS FOSSAS SÉPTICAS .....	20
4.1.2. TRATAMENTO PRELIMINAR .....	22
4.1.3. TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	25
4.1.4. DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA, RECIRCULAÇÃO E EXTRAÇÃO DE LAMAS .....	36
4.1.5. TRATAMENTO TERCIÁRIO .....	40
<b>4.2. FASE SÓLIDA.....</b>	<b>41</b>

4.2.1. ESPESAMENTO GRAVÍTICO .....	41
4.2.2. DESIDRATAÇÃO MECÂNICA.....	43
4.2.3. ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESIDRATADAS.....	45
4.2.4. SOBRENADANTE E ESCORRÊNCIAS .....	46
<b>4.3. MEDIÇÃO DE CAUDAL .....</b>	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>

## Índice de Tabelas

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DA AFLUÊNCIA DAS ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS .....	9
TABELA 2 – QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO.....	10
TABELA 3 – SICCIDADE DAS LAMAS DESIDRATADAS.....	11
TABELA 4 – FOSSAS SÉPTICAS   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	20
TABELA 5 – ESCORRÊNCIAS DO ESPESAMENTO E DA DESIDRATAÇÃO A INCLUIR NO CÁLCULO DO VOLUME DO TANQUE DE RECEÇÃO DE LAMAS DE FOSSAS SÉPTICAS .....	21
TABELA 6 – FOSSAS SÉPTICAS   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	21
TABELA 7 – TRATAMENTO PRELIMINAR   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	23
TABELA 8 – TRATAMENTO PRELIMINAR   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	24
TABELA 9 – TRATAMENTO BIOLÓGICO   CARACTERIZAÇÃO DA AFLUÊNCIA.....	26
TABELA 10 – SELETOR DE BIOMASSA   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	27
TABELA 11 – SELETOR DE BIOMASSA   DADOS PARA DIMENSIONAMENTO.....	27
TABELA 12 – SELETOR DE BIOMASSA   RESULTADOS DE FUNCIONAMENTO .....	28
TABELA 13 – TRATAMENTO BIOLÓGICO   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	28
TABELA 14 – TRATAMENTO BIOLÓGICO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	29
TABELA 15 – TANQUE DE AREJAMENTO   NECESSIDADE O <sub>2</sub>   MÉTODO ECKENFELDER .....	31
TABELA 16 – TANQUE DE AREJAMENTO   NECESSIDADE O <sub>2</sub>   MÉTODO METCALF & EDDY .....	31
TABELA 17 – TANQUE DE AREJAMENTO   NECESSIDADE O <sub>2</sub>   CONDIÇÕES OPERACIONAIS.....	33
TABELA 18 – PRODUÇÃO DE LAMAS EM EXCESSO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO .....	35
TABELA 19 – PRODUÇÃO DE LAMAS EM EXCESSO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO (CONTINUAÇÃO).....	36
TABELA 20 – DECANTADOR SECUNDÁRIO   CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA.....	37
TABELA 21 – DECANTADOR SECUNDÁRIO   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	37
TABELA 22 – DECANTADOR SECUNDÁRIO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	38
TABELA 23 – RECIRCULAÇÃO DE LAMAS   CRITÉRIOS E RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	39
TABELA 24 – MICROTAMISAÇÃO E DESINFECÇÃO   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO.....	40
TABELA 25 – ESPESAMENTO GRAVÍTICO   CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	41
TABELA 26 – ESPESAMENTO GRAVÍTICO   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO .....	42
TABELA 27 – ELEVAÇÃO DAS LAMAS ESPESADAS   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO .....	43
TABELA 28 – DESIDRATAÇÃO MECÂNICA  CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	43
TABELA 29 – DESIDRATAÇÃO MECÂNICA   RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO .....	44
TABELA 30 - DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE POLIELETRÓLITO PARA DESIDRATAÇÃO DE LAMAS   CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	44
TABELA 31- DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE POLIELETRÓLITO PARA DESIDRATAÇÃO DE LAMAS   RESULTADO DE DIMENSIONAMENTO .....	45
TABELA 32 – ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESIDRATADAS.....	45
TABELA 33 – SOLEIRA DE PARSHALL .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A água usada diariamente, quer para uso doméstico quer nas indústrias, provém de fontes naturais como rios, solos (como água subterrânea), lagos e do mar, e após utilização é devolvida, por ainda vezes contaminada, à natureza.

A água usada designa-se água residual (AR) e contém contaminantes, geralmente, elevada carga orgânica, nutrientes, agentes patogénicos, químicos inorgânicos, sedimentos e minerais, podendo ainda conter compostos tóxicos. A necessidade de tratamento surge para evitar a contaminação dos locais de descarga e dos recursos naturais <sup>[4]</sup>.

O sistema de lamas ativadas é um dos processos de tratamento biológico das águas residuais mais usados em todo o mundo. Este processo tem como princípio base a mistura, entre os microrganismos e a matéria orgânica (MO), para sua degradação, em que se promovem artificialmente condições para o crescimento de microrganismos aeróbios, por meio de arejamento forçado <sup>[5]</sup>.

As lamas ativadas são compostas por flocos constituídos por diversos microrganismos, incluindo vírus, bactérias, protozoários, fungos e metazoários, que têm sido, recentemente, utilizados para avaliação das condições operacionais das ETAR.

Este trabalho teve como objetivo a conceção e dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) para servir um pequeno aglomerado de cerca de 3200 habitantes equivalentes (hab.eq.), para que a água residual produzida por esta comunidade seja devolvida ao meio recetor sem o contaminar e cumprindo a legislação em vigor.

Por se tratar de uma ETAR de pequena dimensão, o tratamento adotado segue resumidamente, um tratamento preliminar, um tratamento secundário por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado, um tratamento terciário de desinfecção, e as operações usuais de espessamento e desidratação das lamas produzidas em excesso pelo tratamento.

Este trabalho está organizado em 6 capítulos, correspondendo o primeiro à introdução do trabalho.

O segundo capítulo contém os dados de base que serviram de suporte ao desenvolvimento do projeto da ETAR.

No terceiro capítulo apresentam-se a conceção processual e funcional da ETAR referindo-se em detalhe a descrição e justificação do processo de tratamento preconizado na presente solução.

O quarto capítulo consiste na apresentação dos critérios de dimensionamento usados para obter resultados de dimensionamento da ETAR.



Projeto de uma ETAR de 3200 habitantes equivalentes

---

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões.

Por fim é apresentada a bibliografia e a lista de referências.

## 2. DADOS DE BASE

### 2.1. HORIZONTE DE PROJETO

O presente projeto foi desenvolvido para um horizonte de 25 anos. O dimensionamento hidráulico e processual da instalação foi realizado para o ano de maior carga afluente 190 kg/d.

### 2.2. CARACTERÍSTICAS DA AFLUÊNCIA DE ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS

Os dados que serviram de base ao dimensionamento da instalação, em termos de população, caudais e cargas poluentes, são os apresentados na tabela 1.

Como indicadores da tratabilidade da água residual afluente à ETAR determinaram-se as relações entre os parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, N e P.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DA AFLUÊNCIA DAS ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS

Dados Base	
<b>População equivalente</b>	
Total (hab. eq.)	3168
<b>Águas residuais afluentes</b>	
<b>Caudais</b>	
Caudal médio diário total (m <sup>3</sup> /d)	539
Caudal de ponta (m <sup>3</sup> /h)	58
<b>Cargas poluentes</b>	
CBO <sub>5</sub> (kg/d)	190
CQO (kg/d)	380
SST (kg/d)	222
N <sub>total</sub> (kg/d)	32
P <sub>total</sub> (kg/d)	6
O&G (kg/d)	54
<b>Concentrações poluentes</b>	
CBO <sub>5</sub> (mg/l)	353
CQO (mg/l)	706
SST (mg/l)	412
N <sub>total</sub> (mg/l)	59
P <sub>total</sub> (mg/l)	11
O&G (mg/l)	100

A relação obtida entre a matéria orgânica e os nutrientes ( $\text{CBO}_5\text{:N:P}$ ), em cada um dos cenários analisados, é sempre superior à relação de referência 100:5:1, indicando boas condições de equilíbrio para o desenvolvimento de biomassa bacteriana.

Por outro lado, os valores para a relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  encontram-se dentro da faixa 0,3-0,8 que caracteriza os efluentes biodegradáveis.

### 2.3. OBJETIVOS DE QUALIDADE

#### 2.3.1. Caracterização do meio recetor

Após tratamento, as águas residuais tratadas serão descarregadas num meio recetor que não estão classificadas como Águas Sensíveis<sup>[3]</sup>.

Por outro lado, as águas residuais tratadas alimentam uma albufeira, cujas águas são utilizadas para atividade recreativas, sendo por isso classificadas como águas balneares<sup>[1]</sup>.

#### 2.3.2. Efluente para descarga no meio recetor

Tendo em conta o enquadramento legal aplicável (decreto-lei n.º 152/97<sup>[2]</sup>, decreto-lei n.º 149/2004<sup>[3]</sup> e decreto-lei n.º 135/2009<sup>[1]</sup>) as concentrações dos principais parâmetros de qualidade no efluente tratado na ETAR, respeitarão os seguintes valores limite de emissão, que se apresentam na tabela 2:

TABELA 2 – QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO

Parâmetro	Valor
$\text{CBO}_5$ a 20 °C (mg/l) <sup>[2]</sup>	25
CQO (mg/l) <sup>[2]</sup>	125
SST (mg/l) <sup>[2]</sup>	35
<i>Enterococcus</i> Intestinais (NMP/100 ml) <sup>[1]</sup>	400
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 ml) <sup>[1]</sup>	1 000

#### 2.3.3. Lamas desidratadas

No que respeita ao tratamento da fase sólida, será respeitado o seguinte valor mínimo, apresentado na tabela 3:

**TABELA 3 – SICIDADE DAS LAMAS DESIDRATADAS**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Sicidade das lamas desidratadas (%)	20 ± 2

#### **2.3.4. Emissão de ruído**

Relativamente ao ruído produzido nas instalações da ETAR, deverão ser garantidas as condições definidas pela legislação em vigor constantes no Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro e alteradas pelo Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

### 3. CONCEPÇÃO PROCESSUAL E FUNCIONAL

#### 3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No presente ponto, será realizada uma descrição detalhada do esquema de tratamento proposto para a ETAR.

A ETAR tem como objetivo tratar as AR produzidas no seu subsistema, receber as lamas espessadas provenientes das ETAR dos subsistemas próximos para, juntamente com as lamas produzidas na ETAR, sofrerem um processo de espessamento e desidratação mecânica. A ETAR receberá também as lamas provenientes das fossas sépticas do Concelho, que serão tratadas em conjunto com as AR afluentes à mesma.

O diagrama de processo simplificado da ETAR é apresentado na figura 1:

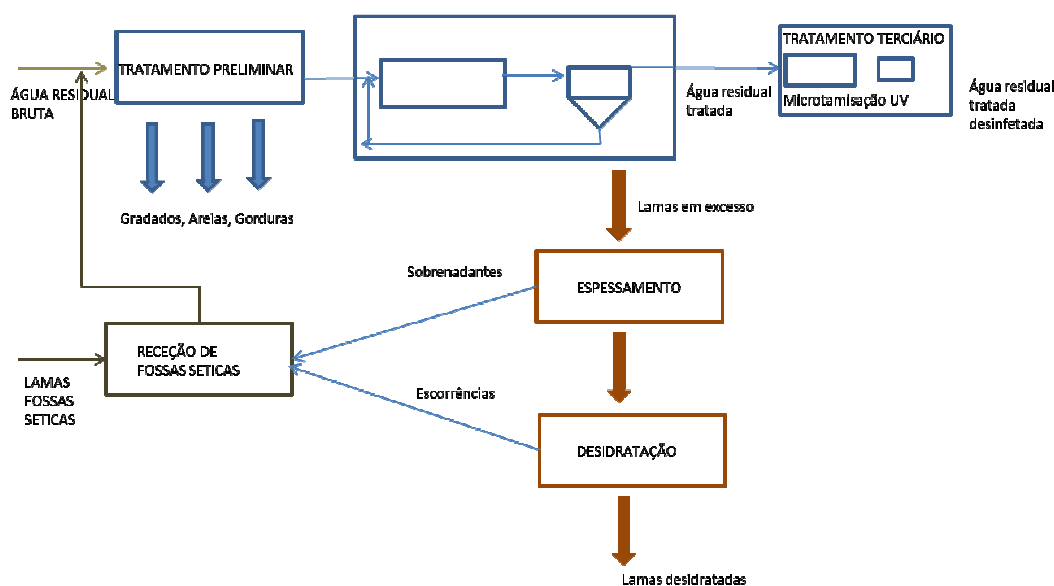


FIGURA 1 – DIAGRAMA DE PROCESSO SIMPLIFICADO

Seguidamente, passar-se-á a descrever detalhadamente as operações e órgãos de tratamento que constituem a solução desenvolvida para a ETAR, para as fases líquida e sólida.

### **3.2. FASE LÍQUIDA**

#### **3.2.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS LAMAS PROVENIENTES FOSSAS SÉPTICAS**

As lamas provenientes das fossas sépticas, que serão tratadas juntamente com a AR afluente à ETAR, chegarão à ETAR por meio de camião limpa-fossas com uma capacidade de 5 m<sup>3</sup>. O volume de lamas a ser rececionado não ascenderá os 4.8 m<sup>3</sup>/d, ou seja, a ETAR rececionará cerca de um camião limpa fossas por dia.

De forma a diluir as lamas das fossas sépticas, o tanque de receção das lamas acomodará também as escurências e sobrenadantes produzidas ao longo das etapas de tratamento da ETAR, bem como as águas residuais produzidas no interior da ETAR. Assim, para além do volume respeitante à descarga de lamas de fossas sépticas, o tanque será dimensionado para receber os sobrenadantes e as escurências resultantes de 1 (um) dia de espessamento e desidratação, admitindo uma operação de 5 (cinco) dias por semana.

As lamas chegadas à unidade passarão por 1 (uma) grade de limpeza manual com um espaçamento entre barras de 10 mm. A caixa de receção deste efluente será provida de uma comporta amovível de forma a garantir a retenção das areias provenientes no efluente das fossas sépticas, evitando assim o desgaste precoce dos equipamentos instalados a jusante.

A medição do volume de lamas rececionadas será realizada por meio de 1 (um) medidor de nível ultrassónico com transmissão de sinais analógica, 4-20 mA. As lamas no tanque de receção, serão agitadas e arejadas por meio de 1 (um) grupo hidrojector.

O envio da mistura das lamas de FS, dos sobrenadantes e das escurências para a cabeça da ETAR, para serem tratados conjuntamente com a AR, será realizado imediatamente para montante do tratamento preliminar, no início da ETAR, por meio de 2 (dois) grupos eletrobomba submersíveis, em regime de funcionamento 1+1 reserva. O funcionamento dos grupos eletrobomba, automático, controlado por temporização, deverá ser preferencialmente durante o período noturno e não deverá coincidir, em caso algum, com os períodos de afluência máxima de águas residuais à ETAR. É considerado 1 (um) interruptor de nível que fará interromper o funcionamento dos grupos eletrobomba ativos quando for atingido o nível mínimo nesse tanque.

Os gradados e areias retidos na caixa de receção de efluente serão armazenados em contentores de PEAD.

### **3.2.2. TRATAMENTO PRELIMINAR**

O tratamento preliminar consistirá em 1 (uma) linha de tratamento.

Iniciará com 1 (uma) gradagem grossa de limpeza manual com um afastamento entre barras de 40 mm, após a qual é considerado um descarregador de tempestade.

Seguir-se-á 1 (uma) unidade compacta de tamisação, desarenamento e desengorduramento. O tamisador terá uma abertura de malha de 5 mm. Como recurso contemplará 1 (uma) grade de limpeza manual com um afastamento entre barras de 10 mm. O desarenamento e desengorduramento serão realizados numa pista arejada onde é promovido um movimento helicoidal da massa líquida, fazendo com que as areias sejam retidas na tremonha e que os óleos e gorduras flutuem na lâmina líquida do órgão.

Os detritos do tamisador serão transportados e escorridos por meio de um parafuso integrado no próprio equipamento, para contentor.

As areias serão recolhidas, lavadas e transportadas nessa mesma unidade por um conjunto de parafusos para contentor.

Os óleos e gorduras na superfície serão raspadas e conduzidas por meio de 1 (uma) bomba volumétrica de parafuso excêntrico para contentor.

Após o tratamento preliminar, as afluências serão contabilizadas através de 1 medidor de caudal do tipo Soleira *Parshall*, munido de sonda de nível ultrassónico. A transmissão de sinais será analógica, 4-20 mA.

### **3.2.3. TRATAMENTO BIOLÓGICO**

O tratamento biológico deverá ser dimensionado para fazer face às afluências de águas residuais que assumem um valor máximo de 3168 habitantes.

O tratamento biológico consistirá em duas linhas de tratamento, pois no ano de arranque a capacidade necessária é metade do valor máximo para o dimensionamento.

Foram estudadas soluções de lamas ativadas em baixa carga baseadas em Valas de Oxidação, em Sistemas Convencionais e SBR (Sequencing Batch Reactor) e concluiu-se que as soluções Sistema Convencional e SBR apresentam custos similares, apesar de SBR apresentarem custos ligeiramente mais elevados.

---

Outros aspetos poderão revelar-se mais pertinentes na escolha da solução a adotar, nomeadamente:

- área requerida: ambas as soluções são bastante compactas e compatíveis com o espaço disponível para a ETAR;
- o “up-grade” para remoção biológica de azoto numa solução SBR é mais facilmente implementável em comparação com um Sistema Convencional. Enquanto na solução SBR bastará instalar sistemas de agitação, na solução Sistema Convencional será construir uma separação física entre as fases anóxicas e aeróbias, e considerar a recirculação de nitratos e ainda alterar a disposição do sistema de arejamento;
- a solução SBR é uma tecnologia relativamente recente no nosso País e necessita de pessoal com formação específica para o processo. A esse nível, a solução Sistema Convencional é amplamente difundida e reveste-se de um funcionamento bastante eficaz, sem carência de pessoal especializado;
- a solução SBR é fortemente dependente de sistemas de automação, enquanto o funcionamento de uma solução Sistema Convencional é mais acessível.

Assim, por se tratar de uma ETAR que serve um aglomerado populacional pequeno, e por questões financeiras, optou-se por um sistema convencional.

O tratamento biológico será realizado segundo um sistema de lamas ativadas de baixa carga equipado com arejadores de superfície de eixo vertical e operado em regime de arejamento prolongado, de forma a permitir a estabilização simultânea das lamas por digestão aeróbia nos próprios órgãos.

O tratamento biológico será constituído, à cabeça, por 1 (um) seletor de biomassa que reduzirá a ocorrência de microrganismos filamentosos que dificultariam a decantação. A agitação do tanque seletor será assegurada por 1 (um) agitador submersível instalado junto à soleira.

Após o seletor de biomassa, o efluente é encaminhado para a etapa de arejamento.

De forma a flexibilizar o processo de tratamento face às variações das condições de afluência, esta etapa será constituída por dois tanques de funcionamento paralelo. Assim, sempre que se justifique, será possível colocar fora de serviço qualquer um dos tanques de arejamento. Para tal, o seletor de biomassa será provido de duas válvulas murais de acionamento manual, permitindo encaminhar o efluente para um ou dois tanques de arejamento.

Nestes tanques de arejamento é promovida a assimilação da matéria orgânica biodegradável para síntese dos microrganismos (que no seu conjunto constituem as lamas ativadas) e processa também a nitrificação da massa líquida.

O arejamento será assegurado por dois arejadores mecânicos de superfície de baixa velocidade (um em cada tanque de arejamento), controlados a partir de informações fornecidas por 1 (um) medidor de oxigénio instalado em cada tanque de arejamento. A transmissão de sinais será analógica 4-20mA.



À saída de cada um dos tanques de arejamento existirá um descarregador que encaminhará o caudal, por simples queda, para uma câmara de desgasificação, de forma a evitar a flotação de lamas na decantação secundária.

### **3.2.4. DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA, RECIRCULAÇÃO E EXTRAÇÃO DE LAMAS**

#### **3.2.4.1. Decantação secundária**

Imediatamente a jusante dos tanques de arejamento existirá um decantador que permitirá a separação da água tratada e da biomassa que fica depositada no fundo do órgão. O decantador será de planta circular munido de uma ponte raspadora.

A decantação secundária tem as seguintes funções essenciais ao bom funcionamento do tratamento biológico por lamas ativadas:

- separação da biomassa floculada nos reatores biológicos da água residual tratada;
- espessamento e extração das lamas biológicas sedimentadas;
- manutenção da concentração de lamas ativadas necessária ao tratamento das águas residuais, através da recirculação de lamas ao tanque de arejamento,.

A admissão do afluente ao decantador faz-se no centro do órgão, por tubagem envolta num deflector metálico cilíndrico cujo diâmetro se deverá situar aproximadamente entre 15 e 20 % do diâmetro do decantador.

No que se refere às escumas que eventualmente sejam formadas à superfície, estas serão retidas pelo deflector periférico e conduzidas pelo raspador de superfície integrado na ponte raspadora para uma tremonha que as encaminhará graviticamente para o circuito de escorrências da ETAR.

As lamas depositadas no fundo do decantador são conduzidas para uma tremonha localizada no centro, sendo posteriormente elevadas para a recirculação/extração de lamas.

O efluente clarificado será encaminhado graviticamente para o tratamento terciário.

#### **3.2.4.2. Recirculação e extração de lamas em excesso**

A quase totalidade das lamas decantadas será recirculada para o tanque seletor de biomassa, no início do tratamento biológico, através de uma estação elevatória de lamas. A recirculação tem como função manter as condições de funcionamento desejadas, ou seja, garantir a estabilidade da colónia de microrganismos

---

encarregues da degradação da matéria orgânica biodegradável e fixar a carga mássica desejada nos tanques de arejamento.

Note-se que o caudal de recirculação de lamas poderá ser encaminhado para o seletor de biomassa e/ou diretamente para os tanques de arejamento. Para tal, a tubagem de compressão dos grupos eletrobomba será prolongada desde o seletor de biomassa até cada uma dos tanques de arejamento. Cada troço de prolongamento da tubagem será provido de válvulas de seccionamento do tipo cunha elástica, de acionamento manual.

As lamas biológicas em excesso, são extraídas do sistema e elevadas para a etapa de espessamento gravítico seguida de desidratação mecânica.

A estação elevatória será constituída por dois grupos eletrobomba submersíveis, em regime de funcionamento 1+1 reserva, e assegurará a purga de lamas em excesso que ocorrerá com o fecho de uma válvula de cunha de acionamento motorizado, instalada na conduta de recirculação de lamas.

Tanto o funcionamento desta válvula de cunha como o dos grupos eletrobombas será automático, por temporização.

Os caudais de lamas recirculadas e de lamas em excesso serão medidos por um medidor de caudal do tipo eletromagnético. A transmissão de sinais será analógica 4-20 mA.

### **3.2.5. TRATAMENTO TERCIÁRIO**

O efluente clarificado, proveniente do decantador secundário, é encaminhado graviticamente para o tratamento terciário constituído por uma etapa de microtamisação seguida de desinfecção U.V.

O tratamento terciário será assegurado por uma linha de tratamento.

#### **3.2.5.1. Microtamisação**

O tratamento terciário iniciará com uma microtamisação de tambor, própria para o funcionamento em superfície livre, com uma abertura de malha de 25  $\mu\text{m}$ , de modo a ser conseguida uma concentração máxima de sólidos suspensos totais de 20 mg/L, que para um efluente de características domésticas sujeito a um tratamento biológico, corresponderá uma transmitância de 60 %.

Para limpeza da malha do tambor, a unidade de microtamisação será provida de uma bomba de lavagem de alta pressão. As águas de lavagem serão encaminhadas graviticamente para a rede de escoamentos e sobrenadantes da ETAR.

---

### **3.2.5.2. Desinfecção U.V.**

Após a microtamisação, o efluente é sujeito a uma desinfecção por U.V, em reator fechado, instalado em linha com o microtamisador.

O processo de desinfecção será dimensionado para o caudal máximo afluyente e para uma concentração máxima, à saída desta etapa, de 400 NMP / 100 mL e 1000 NMP / 100 mL, respetivamente para *Enterococcus* intestinais e *Escherichia Coli*.

Foram consideradas lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão e alto rendimento com comprimentos de onda compreendidos entre 250 e 270 nm, incluindo sensor para controlo e monitorização da intensidade U.V e sistema de limpeza automática.

### **3.2.6. MEDIÇÃO DE CAUDAL**

À saída da ETAR serão medidos os caudais descarregados sobre o meio recetor hídrico, sejam as águas residuais tratadas ou os respeitantes ao circuito de recurso *bypass*.

Os caudais serão medidos num canal *Parshall* de 2" munido de sonda de nível ultrasónica. A transmissão de sinais será analógica 4-20 mA.

## **3.3. FASE SÓLIDA**

As lamas biológicas em excesso, juntamente com as lamas espessadas provenientes de outras ETAR, serão sujeitas a uma etapa de espessamento gravítico seguida de desidratação mecânica.

### **3.3.1. ESPESSAMENTO GRAVÍTICO**

O espessamento das lamas será efetuado através de um espessador gravítico de planta circular, equipado com ponte raspadora de acionamento central.

Os sobrenadantes do espessamento gravítico serão encaminhados graviticamente para o circuito de escurrências da ETAR.

As lamas provenientes de outras ETAR serão contabilizadas através de um medidor de caudal eletromagnético, sendo a transmissão de sinais analógica 4-20 mA.

### 3.3.2. DESIDRATAÇÃO MECÂNICA

Após espessamento, as lamas serão conduzidas por 2 (dois) grupos eletrobomba de parafuso excêntrico, em regime de funcionamento 1+1 reserva, para o sistema de desidratação mecânica, constituído por 1 (um) filtro de banda, equipado com pré-espessamento. A eficiência da desidratação será incrementada com a adição de polielectrólito, preparado e armazenado numa unidade automática de alimentação de polielectrólito em pó. O doseamento do polielectrólito será assegurado por 1 (um) grupo eletrobomba de parafuso excêntrico.

As lamas desidratadas serão transportadas por um parafuso sem fim e armazenadas em contentor do tipo *Polibenne*.

Todo o funcionamento da desidratação de lamas será comandado a partir do autómato da ETAR.

Em resumo, a desidratação de lamas será constituída por::

- Bombas de alimentação de lamas espessadas.....1+1 Unid
- Unidade de armazenamento e preparação de polielectrólito.....1 Unid
- Bombas de doseamento de polielectrólito.....1+1 Unid
- Painel de diluição (rotâmetro).....1 Unid
- Filtro banda .....1 Unid
- Parafuso transportador de lamas desidratadas.....1 Unid
- Contentores do tipo *Polibenne* (12 m3).....1 Unid

As escorrências produzidas na etapa de desidratação de lamas serão encaminhadas graviticamente para a rede de escorrências da ETAR.

### 3.4. BY-PASS

Paralelamente à linha de tratamento da fase líquida, é previsto um circuito de recurso by-pass que possibilita pôr fora de serviço, para eventuais operações de manutenção, o tratamento preliminar, o tratamento biológico ou o tratamento terciário.

Permite também pôr fora de serviço a totalidade da estação de tratamento, depois de sujeitas à gradagem grosseira, de 40 mm.

## 4. CRITÉRIOS E RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

### 4.1. FASE LÍQUIDA

#### 4.1.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS FOSSAS SÉPTICAS

O efluente proveniente das fossas sépticas, antes do seu armazenamento e posterior elevação para a linha de tratamento da ETAR, sofrerá uma etapa de gradagem grossa. Na caixa de gradagem promover-se-á também a retenção das areias.

A etapa de receção e armazenamento de efluentes provenientes das fossas sépticas foi dimensionada de acordo com os critérios expostos na tabela 4:

TABELA 4 – FOSSAS SÉPTICAS | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Critérios de dimensionamento		
Afastamento entre barras na gradagem	mm	10
Altura mínima de lâmina líquida no tanque de lamas	m	1
Potência específica de agitação	W/m <sup>3</sup>	30
Período máximo de descarga de lamas	h	4
Afluência significativa	d/ano	230
Volume do camião limpa-fossas	m <sup>3</sup>	5
Número máximo de descargas diárias		1
Tempo de purga das lamas	h	6
Capitação de gradados	l/hab.eq/ano	6
<b>Caudais (em 230 dias de recolha/entrega na ETAR)</b>		
Caudal médio diário	m <sup>3</sup> /d	4,87
Carga CBO <sub>5</sub>	kg CBO <sub>5</sub> /d	34
População equivalente para 230 dias/ano	hab.eq	568

Atendendo a que o tanque de receção de lamas de fossas séticas recebe também os sobrenadantes e escorrências da ETAR, e esses caudais são indicados na tabela 5:

**TABELA 5 – SOBRENADANTES DO ESPESSAMENTO E ESCORRÊNCIAS DA DESIDRATAÇÃO A INCLUIR NO CÁLCULO DO VOLUME DO TANQUE DE RECEÇÃO DE LAMAS DE FOSSAS SÉTICAS**

<b>Escrências</b>			
<b>Caudais</b>			
Total	$\text{m}^3/\text{d}$	31	
Total	$\text{m}^3/\text{h}$	5	
<b>Cargas poluentes</b>			
SST	$\text{Kg}/\text{d}$	39	
<b>Concentrações</b>			
SST	$\text{mg}/\text{L}$	1253	

Tendo em conta os critérios de dimensionamento definidos (tabela 4), e considerando um tempo de retenção de 1 (um) dia, o tanque de receção das lamas de fossas séticas, sobrenadantes e escorrências, possuirá as características constantes na tabela 6.

**TABELA 6 – TANQUE DE RECEÇÃO DE LAMAS DE FOSSAS SÉTICAS | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO**

<b>Resultados de dimensionamento</b>		
Largura	m	3
Comprimento	m	5,5
Altura útil	m	2,5
Altura total	m	3
Volume útil	$\text{m}^3$	36
Volume total	$\text{m}^3$	41

Resultados de dimensionamento - continuação da tabela 6		
<u>Bomba submersível</u> (para elevação gradual das fossas sépticas para montante da unidade de pré-tratamento)		
Número de bombas	un	1 (+1)
Capacidade unitária necessária	m <sup>3</sup> /h	7,52
Capacidade unitária adoptada	m <sup>3</sup> /h	8
Altura manométrica	mca	7,92
<u>Aero-ejector</u>		
Potência mínima necessária	kW	1,23
Potência adoptada	kW	1,5
<u>Contentor gradados</u>		
Número de contentores	un	1
Material		PEAD
Capacidade		360

#### 4.1.2. TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar será assegurado por uma unidade compacta de gradagem, desarenamento e desengorduramento.

Os critérios de dimensionamento considerados para a etapa de tratamento preliminar foram os constantes na tabela a seguir apresentada, tabela 7:

TABELA 7 – TRATAMENTO PRELIMINAR | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

GRADADOS		
Critérios de dimensionamento		
Capitação de gradados	L/hab/ano	5
Teor de humidade dos gradados após compactação	% (p/v)	68
Redução de volume na compactação	%	40
DESARENAMENTO/DESENGORDURAMENTO		
Critérios de dimensionamento		
Carga hidráulica máxima	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	35
Tempo de retenção hidráulico mínimo - Caudal máximo	min	5
AREIAS		
Critérios de dimensionamento		
Capitação de areias	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> AR	0,0001
Densidade da areia	Kg/L	1,7
Concentração na extracção	Kg/m <sup>3</sup>	400
Eficiência na extracção	%	95
Óleos e Gorduras - O&G		
Critérios de dimensionamento		
Concentração de O&G no afluente	mg/L	100
Eficiência no desengordurador	%	20
Concentração de O&G no efluente	mg/L	20
Concentração na extracção	kg/m <sup>3</sup>	20

Na tabela 8 a seguir apresentada, considerando os critérios de dimensionamento, a etapa de tratamento preliminar possuirá as seguintes características:



TABELA 8 – TRATAMENTO PRELIMINAR | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

GRADADOS		
Resultados do dimensionamento		
Volume diário de gradados produzidos- base seca	L/d	43
Volume diário de gradados após compactação- base seca	L/d	26
Volume diário de gradados após compactação- base húmida	L/d	44
N.º de contentores	un	1
Capacidade unitária dos contentores	L	360
Autonomia de armazenamento	d	8
DESARENAMENTO/DESENGORDURAMENTO		
Resultados do dimensionamento		
Caudal de ponta	m <sup>3</sup> /min	0,97
Volume minimo total dos tanques*	m <sup>3</sup>	5
Area minima total dos tanques*	m <sup>2</sup>	2
Critérios de dimensionamento usados para quando não se aplicam unidades compactas:		
Velocidade de escoamento horizontal	m/s	< 0,2
Velocidade de sedimentação	m/s	< 0,03

\*Dimensões só para conferir dado que a unidade compacta é conceção do fornecedor.

AREIAS		
Resultados do dimensionamento		
Caudal volumetrico diário de areias - base seca	L/d	51
Caudal massico de areias - Base seca	kg/d	87
Produção de areias após extracção - Base humida	L/d	218
N.º de contentores	un	1
Capacidade unitária dos contentores	m <sup>3</sup>	1
Autonomia de armazenamento	d	5

Óleos e Gorduras - O&G continuação da tabela 8		
Resultados do dimensionamento		
Caudal mássico de O&G à entrada	kg/d	54
Caudal mássico de O&G à extraídos no desengordurador	kg/d	11
Caudal de O&G após extração	L/d	539
N.º de contentores	un	1
Capacidade unitária dos contentores	m <sup>3</sup>	1
Autonomia de armazenamento	d	2

#### 4.1.3. TRATAMENTO BIOLÓGICO

O tratamento biológico preconizado consiste num sistema de lamas ativadas, em dois tanques de arejamento.

É nesta etapa de tratamento que ocorrem os seguintes fenómenos:

- a eliminação da poluição carbonácea (expressa sob a forma de Carência Química de Oxigénio – CQO, e Carência Bioquímica de Oxigénio – CBO<sub>5</sub>);
- a eliminação parcial da poluição azotada através da sua conversão em nitratos.

Note-se que, para a ETAR em questão, que não é exigência legal cumprir com os valores limites para os compostos azotados.

Neste processo os compostos, orgânicos e azotados, são eliminados por uma linha de tratamento com base em reatores com populações bacterianas de dois tipos diferentes:

- aeróbia heterotrófica para eliminação da poluição carbonácea;
- aeróbia autotrófica para a oxidação da poluição azotada a nitratos;

O dimensionamento contemplou os seguintes critérios:

- carga mássica, a qual deve estar situada entre os 0,04 e os 0.10 kg CBO<sub>5</sub>/kg MLVSS /d;
- a concentração de lamas no reator biológico (este parâmetro é muito importante para o dimensionamento da instalação, pois trata-se da massa ativa, expressa classicamente pela taxa de MLVSS existentes nas lamas): 3150 mg MLVSS /L.

A concentração de lamas depende da natureza do floco biológico e da carga do sistema; a sua facilidade de decantação é variável e a facilidade de se concentrar nos reatores biológicos está dependente das condicionantes hidráulicas que derivam da recirculação de lamas.

O fornecimento de oxigénio é assegurado por arejadores de superfície.

A recirculação das lamas provenientes dos decantadores secundários: destinando-se a manter uma concentração tão elevada quanto possível no arejamento, os seus limites estão dependentes da natureza do floco biológico.

As condições de afluência ao tratamento biológico, e que serviram de base ao seu dimensionamento, são as constantes na tabela 9. Esta já inclui a contribuição das escorrências produzidas ao longo das etapas de tratamento, bem como a contribuição das fossas sépticas.

**TABELA 9 – TRATAMENTO BIOLÓGICO | CARACTERIZAÇÃO DA AFLUÊNCIA**

<b>Reatores biológicos</b>		
<b>Condições de afluência</b>		
Caudal médio diário total	m <sup>3</sup> /d	570
Caudal de ponta	m <sup>3</sup> /h	63
CBO5 - S0 afluente	kg/d	190
	mg/L	333
CBO5 - Se efluente	mg/L	25
	kg/d	14
Carga CBO5 removida - S	Kg/d	176
T dimensionamento	°C	26
SST efluente	mg/L	35
N no afluente	kg/d	32
N assimilado 5% CBO5	kg/d	9
N-NH4 no efluente	kg/d	4
N-Total	mg/L	15
Nkj	mg/L	7,8
NO3-N	mg/L	7,2
N a nitrificar	kg/d	19

De modo a controlar o crescimento de microrganismos filamentosos, a montante dos tanques de arejamento existirá um seletor de biomassa.

#### 4.1.3.1. Seletor de biomassa

A proliferação de bactérias filamentosas que dão origem a lamas ativadas de difícil decantabilidade, é um fenómeno bastante comum, se o sistema for operado com uma configuração próxima de mistura completa. Para o evitar, deverão ser criados mecanismos que permitam a absorção de substratos e nutrientes por parte de bactérias não-filamentosas (floculantes). Este processo pode ser efetuado num tanque de contacto (seletor), onde uma fração controlável das lamas em recirculação é colocada em contacto com a totalidade das águas residuais afluentes, e em condições de anoxidade.

Os tanques de contacto foram dimensionados para as condições de afluência apresentadas na tabela 9, é comum aos dois tanques de arejamento, tendo sido dimensionada segundo os critérios abaixo apresentados (tabela 10):

**TABELA 10 – SELETOR DE BIOMASSA | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

Critérios de dimensionamento		
Tempo de contacto entre as lamas em recirculação e as AR	min	15
Carga mássica (kgCBO <sub>5</sub> /kgMLVSS/d)	kgCBO <sub>5</sub> /kgMLSS/h	0,2
Floc Loading	gCQO/kgMLSS	150
Potência específica de agitação	W/m <sup>3</sup>	10
Concentração das lamas em recirculação	kg/m <sup>3</sup>	8,3
Concentração da MLSS nos selectores	kg/m <sup>3</sup>	4

Face aos critérios de dimensionamento anteriormente definidos, o seletor de biomassa possuirá as características, apresentadas na tabela 11:

**TABELA 11 – SELETOR DE BIOMASSA | DADOS PARA DIMENSIONAMENTO**

Dados para dimensionamento		
Caudal médio diário	m <sup>3</sup> /h	24
Carga em CBO <sub>5</sub> na entrada	kg/d	190
	kg/h	7,9
Carga em CQO na entrada	kg/d	380
	kg/h	16
Concentração das lamas em recirculação	kg/m <sup>3</sup>	8,3
Concentração de MLSS nos selectores	kg/m <sup>3</sup>	4,5

As condições de funcionamento do seletor de biomassa são as constantes na tabela 12 a seguir apresentada:

TABELA 12 – SELETOR DE BIOMASSA | RESULTADOS DE FUNCIONAMENTO

Resultados de dimensionamento		
Caudal mássico de lamas em recirculação necessário	kg/h	106
Caudal de lamas em recirculação necessário	m <sup>3</sup> /h	13
Caudal de lamas em recirculação adoptado	m <sup>3</sup> /h	13
Volume mínimo necessário	m <sup>3</sup>	9
N.º de tanques	un	1
Volume unitário adotado	m <sup>3</sup>	10
Altura líquida	m	2,5
Área	m <sup>2</sup>	4
Comprimento e largura	m	2
N.º de agitadores/tanque	un	1
N.º total de agitadores	un	1
Potência específica para agitação	W/m <sup>3</sup>	10
Potência unitária absorvida	kW	0,1

#### 4.1.3.2. Tanque de arejamento

Assim sendo, os reatores biológicos serão projetados tendo em consideração os seguintes critérios de dimensionamento, indicados na tabela 13:

TABELA 13 – TRATAMENTO BIOLÓGICO | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Critérios de dimensionamento		
Carga mássica de funcionamento (F/M)	kgCBO <sub>5</sub> /(kgMLVSS.d)	0,07
Concentração de MLSS considerada	g/L	4,5
Concentração de MLVSS considerada	g/L	3,15

Considerando como base de dimensionamento as condições correspondentes aos apresentados na tabela 9, o volume global necessário para o tratamento biológico é dado pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{S \times Q}{\frac{F}{M} \times \text{MLVSS}}$$

sendo:

S: CBO<sub>5</sub> removido no tanque de arejamento (kg CBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>)

Q: Caudal médio diário ( $\text{m}^3/\text{d}$ )

F/M: Carga mássica ( $\text{kg CBO}_5/\text{kg MLVSS.d}$ )

MLSS: Concentração de MLVSS fração biológica de MLSS ( $\text{kgMLVSS}/\text{m}^3$ )

Os critérios que estiveram na base de dimensionamento da etapa aeróbia do tratamento biológico, assim como o volume resultante para os reatores biológicos, encontram-se explanados na tabela 14, a seguir apresentada.

TABELA 14 – TRATAMENTO BIOLÓGICO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Resultado do dimensionamento		
<b><u>Determinação do volume dos reatores biológicos</u></b>		
Volume global necessário	$\text{m}^3$	797
N.º de recintos de arejamento idênticos	un	2
Volume unitário real a utilizar	$\text{m}^3$	399
Carga volúmica correspondente	$\text{kgCBO}_5(\text{m}^3.\text{d})$	0,24
Tempo de retenção p/a Qm	h	33,6
Tempo de retenção p/a Qp	h	4,2

#### 4.1.3.3. Tanque de arejamento | Remoção de azoto

O fator determinante na conceção de um processo que permita uma eliminação elevada do azoto existente nas águas residuais (i.e. N-total no efluente inferior a  $15 \text{ mg/l}$ ) é a idade mínima das lamas necessária a uma nitrificação total do azoto amoniacal. Segundo *Downing*, a idade das lamas deverá ser 6,5 dias a uma temperatura mínima de  $15^\circ\text{C}$ . Portanto, sendo o reator dimensionado em regime de arejamento prolongado e com uma idade de lamas na ordem dos 26 dias (tabela 18), reúnem-se as condições para a nitrificação.

Esta ETAR não tem como objetivo a remoção de azoto, pois o meio recetor não é sensível, a remoção de nutrientes não é uma exigência legal. No entanto, no dimensionamento do sistema de arejamento, são consideradas as condições para nitrificação. Esta operação deverá ser muito controlada na exploração do sistema, pois poderá ocorrer a desnitrificação no decantador secundário e as lamas subirem para a superfície causando *washout* das mesmas.

No balanço efetuado ao azoto, estabeleceu-se que a concentração de azoto nas lamas ( $N_{\text{assimilado}}$ ) em excesso é na ordem dos 5 % da  $\text{CBO}_5$  (p/p). Na tabela 9, são apresentadas as formas de azoto que importam para o cálculo do azoto a nitrificar:

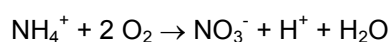
$$N_{\text{a nitrificar}} = N_{\text{entrada}} - N_{\text{assimilado}} - \text{NH}_4\text{-N}_{\text{saída}}$$

#### 4.1.3.4. Tanque de arejamento | Necessidades de oxigénio e Sistema de arejamento

O cálculo das necessidades de oxigénio foi determinado tendo em conta a capacidade de oxigenação requerida com base no balanço mássico realizado à CBO no tratamento biológico e no consumo de oxigénio necessário à nitrificação, assim, as múltiplas necessidades em oxigénio são calculadas na base de:

- redução da CBO<sub>5</sub>;
- respiração endógena das lamas ao longo de 24 horas;
- consumo necessário ao processo de nitrificação;

No ciclo de azoto, a oxidação verificada pode ser resumida pela seguinte equação:



O processo desenrola-se em duas etapas e por meio de dois tipos de bactérias aeróbias especializadas, quimiolitotróficas:

- as *Nitrosomonas*, que oxidam o azoto amoniacal em nitritos;
- as *Nitrobacter*, que oxidam os nitritos em nitratos.

As necessidades teóricas em oxigénio do processo de nitrificação são de 4,3-4,6 mg O<sub>2</sub>/L /mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Tendo em conta a síntese bacteriana, ou seja, a parte de azoto assimilada pelas lamas produzidas, são necessários apenas 4,18 mg de oxigénio por 1 mg de azoto NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

O cálculo das necessidades de oxigénio foi determinado por dois métodos. O valor das necessidades de oxigénio que resultou de cada um dos métodos são muito semelhantes pelo que se mostram a seguir:

##### 1º Método - Método *Eckenfelder*

As necessidades globais de oxigénio (AOR) pelo método Eckenfelder são expressas pela equação seguinte, e apresentam-se na tabela 15:

$$\text{AOR} = a \times \text{CBO}_{5\text{Removido}} + b \times \text{MLVSS} \times V_{\text{Reator}} + c \times \text{N nitrificação}$$

a = coeficiente necessidades de oxigénio	kgO <sub>2</sub> /kg CBO <sub>5</sub>	0,52
b = coeficiente de respiração endógena	kgO <sub>2</sub> /kg MLVSS	0,06
c (coef. nitrificação)	kgO <sub>2</sub> /kgN	4,33

TABELA 15 – TANQUE DE AREJAMENTO | NECESSIDADE O<sub>2</sub>| método Eckenfelder

Cálculo das necessidades teóricas de oxigénio		
<i>1º método - Método Eckenfelder</i>		
Volume tanque biológico total	m <sup>3</sup>	797
SSV tanque arejamento	kg/m <sup>3</sup>	3,15
Carga CBO5 removida	Kg/d	176
a = coeficiente necessidades de oxigénio	kgO <sub>2</sub> /kg CBO5	0,52
b = coeficiente de respiração endógena	kgO <sub>2</sub> /kg SSa	0,06
Oxigenio necessário para carbonáceos	kgO <sub>2</sub> /d	242,0
Factor de ponta CBO5		1,2
Oxigenio necessário para carbonáceos	kgO <sub>2</sub> /d	260,3
c (coef.nitrificação)	kgO <sub>2</sub> /kgN	4,33
Quantidade de azoto a nitrificar	kg/d	18,8
Oxigenio necessário para nitrificação	kgO <sub>2</sub> /d	81,3
Factor de ponta N		1,1
Oxigénio (requerido c/ factor de ponta)	kgO <sub>2</sub> /d	89,4
<b>Necessidades totais teóricas de oxigénio (c/ fac</b>	<b>kgO<sub>2</sub>/d</b>	<b>349,7</b>

e pelo 2º método - Método *Metcalf & Eddy*

As necessidades globais de oxigénio (AOR) pelo *Metcalf & Eddy* de são expressas pela equação seguinte:

$$\text{AOR} = \text{CQO}_{\text{biodegradável}} \text{ (kg/d)} - 1.42 \times P_{x,\text{bio}} \text{ (kg/d)} + 4.33 \times N_{\text{a nitrificar}} \text{ (kg/d)}$$

TABELA 16 – TANQUE DE AREJAMENTO | NECESSIDADE O<sub>2</sub>| método Metcalf & Eddy

Cálculo das necessidades teóricas de oxigénio		
<i>2º método - Método Metcalf (Pág. 683)</i>		
CBO5 removido	kg/d	175,8
CQO biodegradável	kg/d	281,2
P <sub>x,bio</sub> - Lamas em excesso como MLVSS (A+B+C	kgMVSS/d	36,9
c (coef.nitrificação)	Kg O <sub>2</sub> /Kg N	4,33
Quantidade de azoto a nitrificar	Kg N/d	18,8
Necessidades totais teóricas de oxigénio	kgO <sub>2</sub> /d	310,1
Factor de ponta CBO5		1,2
Factor de ponta N		1,1
<b>Necessidades totais teóricas de oxigénio (c/ fac</b>	<b>kgO<sub>2</sub>/d</b>	<b>364,1</b>



O valor calculado segundo o método anterior é aplicável para água limpa com uma concentração de oxigénio dissolvido nula e em condições PTN. Para determinar a capacidade de oxigenação a fornecer ao tratamento biológico, nas condições operacionais, há que afetar o primeiro valor de diversas correções. O coeficiente que permite a conversão será o produto de três coeficientes em que, o primeiro depende do sistema de arejamento e é o resultado da experiência do fornecedor do equipamento (rendimento de oxigenação), o segundo é função da pressão de saturação do oxigénio, da altura a que se encontra a implantação da estação de tratamento, da temperatura e da concentração de oxigénio dissolvido a manter na zona de arejamento (fator de *deficit*) e, finalmente, o terceiro coeficiente está relacionado com as características das próprias águas residuais (fator  $\alpha$ ).

Desta forma, a razão de transferência de oxigénio (SOTR) é calculada com base na seguinte fórmula:

$$\text{SOTR} = (1/\alpha) \times (C_{\text{STD}}/(\beta \times C_T - C_L)) \times \theta^{(T_{\text{STD}} - T)} \times \text{AOR}$$

A temperatura de dimensionamento da capacidade de oxigenação deverá ser a temperatura máxima esperada, que no presente projeto foi fixada em 26 °C, deste modo os resultados apresentados na tabela 17, dizem respeito às necessidades de oxigenação máximas.

Apesar dos resultados de AOR serem semelhantes, pelos dois métodos, o valor de AOR utilizado foi o valor maior, o método proposto por [6] ,METCALF & EDDY, conforme tabela 17.

TABELA 17 – TANQUE DE AREJAMENTO | NECESSIDADE O<sub>2</sub> | Condições operacionais

Cálculo das necessidades teóricas de oxigénio em condições operacionais		
Necessidades teóricas - AOR	kgO <sub>2</sub> /d	364,1
$\alpha$ - Factor de correcção da transf de O <sub>2</sub> que depende do tipo de arejam, da geometria do TA, do grau de mistura e das características da AR		0,8
$\beta$ - Factor de correcção da tensão superficial-salinidade		0,95
STD - temperatura standard	°C	20
T - temperatura do processo (água)	°C	26
$\theta$ - Coeficiente de correlação da temperatura.		1,024
C <sub>s,20</sub> - Concentração de saturação de oxigénio dissolvido em água limpa, à temperatura de 20°C, à pressão atmosférica standard (101,3 kPa) e salinidade 0 ppm (101,3 kPa)	mg/l	9,08
CL - concentração de oxigénio no tanque de arejamento	mg/l	2,0
C <sub>s,t</sub> para temperatura processual	mg/l	8,09
Necessidades standard - SOTR	kgO <sub>2</sub> /d	630
	kgO <sub>2</sub> /h	26
Capacidade de transferência de O <sub>2</sub> do Arejador	kgO <sub>2</sub> /kWh	2
n.º de arejadores		2
Potência necessária unitária	kW	6,6

Para o cálculo da produção de lamas em excesso, existem diferentes métodos, nomeadamente o método de *Chudoba* e o método de cálculo apresentado por [6], *Metcalf & Eddy*.

O método utilizado, *Metcalf & Eddy*, recorre à seguinte expressão:

$$Px, VSS = \frac{A}{0.85} + \frac{B}{0.85} + \frac{C}{0.85} + D + Q(TSS - VSS)_{efluente}$$

A- BIOMASSA HETEROTRÓFICA

$Y \times \text{carga CBO}_5 \text{ removida (kg/d)}$

$$A = \frac{\quad}{(1 + K_d \times SRT)}$$

Y (PRODUÇÃO DE BIOMASSA) - 0.48 A 0.8 G VSS/G CBO<sub>5</sub>  
 K<sub>D,20°</sub> (COEFICIENTE DE RESPIRAÇÃO ENDÓGENA) - 0.15 d<sup>-1</sup>  
 K<sub>D</sub>, (COEFICIENTE DE RESPIRAÇÃO ENDÓGENA) = K<sub>D,20°</sub> × 1.04<sup>(T-20°C)</sup>  
 SRT (IDADE DE LAMAS (D))

B – RESPIRAÇÃO ENDÓGENA

$$B = \frac{f_d \times K_d \times Y \times \text{carga CBO}_5 \text{ removida} \left( \frac{\text{kg}}{\text{d}} \right)}{(1 + K_d \times \text{SRT})}$$

FD (FRAÇÃO DE BIOMASSA REMANESCENTE) – 0.10-0.15  
gVSS/gVSS

C - BIOMASSA DAS BACTÉRIAS NITRIFICANTES

$$C = \frac{Y_N \times \text{carga NH}_4 - N \text{ a nitrificar} \left( \frac{\text{kg}}{\text{d}} \right)}{(1 + K_d N \times \text{SRT})}$$

Y<sub>N</sub> (PRODUÇÃO DE BIOMASSA) – 0.10 a 0.15 g VSS/g NH<sub>4</sub>-N  
K<sub>D,20°</sub> (COEFICIENTE DE RESPIRAÇÃO ENDÓGENA) – 0.05 a 0.15 d<sup>-1</sup>  
K<sub>D</sub> (COEFICIENTE DE RESPIRAÇÃO ENDÓGENA) = K<sub>D,20°</sub> × 1.04<sup>(1-20°C)</sup>  
SRT (IDADE DE LAMAS (D))

D – SSV NÃO BIODEGRADÁVEL NO AFLUENTE

$$\text{SST} = \text{SSV} + \text{SSF}$$

$$\text{SSF} = 30\% \text{ SST}$$

$$\text{SSV NB} = 22\% \text{ SSV}$$

Os resultados obtidos no cálculo da produção das lamas em excesso são apresentados na tabela 18.

TABELA 18 – PRODUÇÃO DE LAMAS EM EXCESSO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Resultado do dimensionamento		
<i>Método do Metcalf</i>		
$P_{x,VSS} = A + B + C + D$		
$P_{x,VSS}$ - Qt / lamaz produzida por dia	kg SSV/d	74,52
A - Biomassa heterotrófica	kg SSV/d	24,51
B - Respiração endogena	kg SSV/d	13,20
C - Biomassa das bactérias nitrificantes	kg SSV/d	0,66
D - SSV nb no afluente	kg SSV/d	36,15
$A = QY(S_0 - S) \cdot 10^{-3} / (1 + k_d \cdot SRT)$		
$B = (f_d) \cdot (k_d) \cdot Q \cdot Y \cdot (S_0 - S) \cdot SRT \cdot 10^{-3} / (1 + k_d \cdot SRT)$		
$C = Q \cdot Y_n \cdot (NO_x) \cdot 10^{-3} / (1 + k_{dn} \cdot SRT)$		
$D = Q \cdot (nbVSS) \cdot 10^{-3}$		
Q - caudal médio	m <sup>3</sup> /d	569,78
Y - produção de biomassa (am)	kgSSV/kgCBO <sub>5</sub> rem	0,64
S <sub>0</sub> - Conc. CBO <sub>5</sub> no afluente	mg/L	333,46
S - Conc. CBO <sub>5</sub> no efluente	mg/L	25,00
k <sub>d</sub> - coeficiente de respiração endogena (b) a 20 °C	g VSS/( gVSS d)	0,12
k <sub>d</sub> - coeficiente de respiração endogena (b) à T pro	g VSS/( gVSS d)	0,15
SRT - idade das lamaz	d	23,64
f <sub>d</sub> - fração de biomassa remanescente	gVSS/gVSS	0,15
Y <sub>n</sub> -	g VSS/( g NH <sub>4</sub> -N)	0,12
NO <sub>x</sub> - conc. de NH <sub>4</sub> -N no afluente a nitrificar	kg/d	18,77
K <sub>dn</sub> - coef. respiração endogena dos organismos nit	g VSS/( gVSS d)	0,08
	g VSS/( gVSS d)	0,10
SST=SSF+SSV    SSF=30%SST	mg/L	412,00
SSV=70%SST	mg/L	288,40
SSV nb =22% SSV	mg/L	63,45
Para calcular a produção de lamaz em termos de SST temos de dividir os termos de biomassa (A,B,C) da equação de $P_{x,VSS}$ por 0,85. Isto pq, a massa total de sólidos inclui os TSS e n só os VSS. Os TSS incluem os VSS mais os sólidos inorgânicos. Os sólidos inorgânicos presentes no afluente (TSS <sub>0</sub> -VSS <sub>0</sub> ) representam um termo adicional de produção de sólidos q deve ser incluída na produção total de lamaz. Os termos de biomassa A, B e C contem sólidos inorgânicos		
$P_{x,TSS} = A/0,85 + B/0,85 + C/0,85 + D + Q \cdot (TSS_0 - VSS_0) \cdot 1$	kg TSS /d	131,77
SRT - idade das lamaz	d	23,64

Após comparação do valor obtido por este método, cerca de 132 kg MS/kgCBO<sub>5</sub> removido, e da experiência na exploração de ETAR com o mesmo tipo de tratamento biológico (arejamento prolongado) verifica-se que a relação é de 0,80 a 1 kg MS/kgCBO<sub>5</sub>removido. Assim optou-se por estabelecer um valor para a produção de lamaz de 1 kg MS/kgCBO<sub>5</sub>removido, conforme tabela 19.

TABELA 19 – PRODUÇÃO DE LAMAS EM EXCESSO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO (CONTINUAÇÃO)

Resultado do dimensionamento		
<b>Produção de lamas em excesso adoptado</b>	kgMS/kg CBO <sub>5</sub>	1,00
Produção de LE- <i>em 7 dias</i>		
Produção de lamas biológicas	kg/d	190,0
Concentração das lamas em excesso	kg/m <sup>3</sup>	8,3
Caudal total de lamas em excesso	m <sup>3</sup> /d	22,9
SRT - idade das lamas	d	25,9
Produção de LE- <i>em 5 dias</i>		
<u>5 dias/semana:</u>		
N.º de dias de extracção de lamas	d/sem	5
Produção total de lamas	kgMS/d	266,0
Caudal total de lamas em excesso	m <sup>3</sup> /d	32,0
Idade das lamas em excesso totais	d	12,5
N.º de estações elevatórias	un	1
N.º de bombas por estação elevatória	un	1
Nº de horas de funcionamento/dia		2
Caudal unitário necessário	m <sup>3</sup> /h	16,02
Caudal unitário adoptado	m <sup>3</sup> /h	16,0
Nº. de horas de funcionamento	h/d	2,00

#### 4.1.4. DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA, RECIRCULAÇÃO E EXTRAÇÃO DE LAMAS

##### 4.1.4.1. Decantador secundário

Do reator biológico, o efluente segue então para uma caixa de distribuição, a partir da qual o efluente é conduzido para o decantador secundário. Esta etapa tem como objetivo separar as lamas biológicas do efluente depurado.

O decantador será do tipo circular, dotado de ponte raspadora equipada com sistema de raspagem de superfície, para remoção das escumas, e de raspagem de fundo. As lamas decantadas no fundo do decantador são encaminhadas para uma estação elevatória, onde estão instalados os grupos eletrobombas de recirculação e de extração de lamas.

Assim, os decantadores secundários foram dimensionados tendo em consideração as seguintes condições de afluência, indicadas na tabela 20:

TABELA 20 – DECANTADOR SECUNDÁRIO | CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA

Decantador secundário		
Condições de afluência		
Caudal diário de Sobrenadantes - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /d	20,1
Caudal diário de escorrências em termos de MLSS	m <sup>3</sup> /d	10,7
Caudal horário de Sobrenadantes - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /h	3,35
Caudal horário de escorrências	m <sup>3</sup> /h	1,78
Caudal de retorno (sobrenadantes e escorrências)	m <sup>3</sup> /d	31
	m <sup>3</sup> /h	5,1
Caudal de ponta	m <sup>3</sup> /h	58,0
Caudal global máximo admitido (Qp+retornos)	m <sup>3</sup> /h	63,1
Caudal médio (Qmédio)	m <sup>3</sup> /d	539,0
	m <sup>3</sup> /h	22,5
Caudal médio (Qmédio+retornos)	m <sup>3</sup> /d	569,8
	m <sup>3</sup> /h	27,6

Os critérios que estiveram na base de dimensionamento da etapa de decantação secundária foram os constantes na tabela 21, a seguir apresentada:

TABELA 21 – DECANTADOR SECUNDÁRIO | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Decantador secundário		
Critérios de dimensionamento		
Velocidade ascensional aconselhada	m/h	1,0
IVL	ml/L	100,0
Reynolds		587,6
Carga Hidraulica Máxima-Velocidade ascensional real	m/h	0,89
Carga Hidraulica Média-Velocidade ascensional real	m/h	0,39
Carga de sólidos ao Q médio com recirc	kg/m <sup>2</sup> /h	3,50
Carga de sólidos ao Qmáximo admitido com recirc	kg/m <sup>2</sup> /h	4,03
Carga de volume de lamas	l/(m <sup>2</sup> h)	401
Carga hidráulica real no descarregador	m <sup>3</sup> /(mlinear.h)	2,14

Os resultados de dimensionamento obtidos para esta etapa de tratamento encontram-se na tabela 22, seguinte.

TABELA 22 – DECANTADOR SECUNDÁRIO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Decantador secundário			
Resultados de dimensionamento			
Superfície útil necessária	m <sup>2</sup>	63,1	
N.º de decantadores	und	1,0	
Superfície unitária necessária	m <sup>2</sup>	63,1	
<b>Dimensões unitárias</b>			
Diâmetro necessário	m	9,0	
Diâmetro adoptado	m	9,5	
Profundidade	m	3,0	
Área	m <sup>2</sup>	70,9	
Volume	m <sup>3</sup>	212,6	
Volume total	m <sup>3</sup>	212,6	
Raio hidráulico	m	2,4	
Tempo de retenção ao Q <sub>máximo</sub> admitido	h	3,37	
Tempo de retenção ao Q <sub>médio</sub> admitido	h	7,71	
Comprimento do descarregador	m	9,4	
Perímetro total do descarregador	m	<b>29,5</b>	

#### 4.1.4.2. Recirculação e Extração de lamas

De forma a manter-se estável a concentração de microrganismos no tratamento biológico, é necessário realizar a recirculação da fração das lamas separadas nos decantadores para os reatores biológicos.

A capacidade de recirculação encontra-se relacionada com os caudais médios e máximos de afluência, com a concentração operacional de lamas ativadas (MLSS) e com a concentração expectável para as lamas em recirculação, a qual é diretamente dependente do valor de SVI assumido.

Desta forma, a taxa de recirculação,  $R(\%)$ , para os tanques de arejamento é calculada pela seguinte expressão:

$$R(\%) = \frac{Q_{rec}}{Q} = \frac{MLVSS_{TA}}{MLVSS_{rec} - MLVSS_{TA}} * 100$$

Sendo:

$MLVSS_{TA}$ : Concentração de massa biológica no tanque de arejamento (g MLVSS/L)

$MLVSS_{rec}$ : Concentração de massa biológica na recirculação (g MLVSS/L)

Assim sendo, a capacidade de recirculação foi determinada tendo em consideração os critérios de dimensionamento, que tal como os resultados obtidos estão apresentados na tabela 23:

TABELA 23 – RECIRCULAÇÃO DE LAMAS | CRITÉRIOS E RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Estação Elevatória (EE) de recirculação e extração de lamas		
Critérios de dimensionamento		
MSS	g/L	4,5
MVSS	g/L	3,2
MVSS/MSS	%	70,0
Concentração de lamas na recirculação	kg/m <sup>3</sup>	8,3
MVSSrec	g/L	5,8
Resultados de dimensionamento		
R=Qr/Q	%	118,4
Caudal de recirculação	m <sup>3</sup> /d	674,7
	m <sup>3</sup> /h	28,1
R pontas para dimensionamento das bombas	%	150,0
Caudal de recirculação	m <sup>3</sup> /h	41,4
IVL	mL/g	133,3
N.º de bombas	un	1,0
Caudal unitário	m <sup>3</sup> /h	41,4
Caudal máximo de recirculação a extrair dos decantador	m <sup>3</sup> /h	41,4
Caudal máximo de LE a extrair do decantador	m <sup>3</sup> /h	16,0
Caudal mínimo de lamas em recirculação	m <sup>3</sup> /h	27,0
Caudal máximo de lamas em recirculação	m <sup>3</sup> /h	41,4
Caudal máximo das bombas necessário para recirculação	m <sup>3</sup> /h	41,4
Caudal das bombas adoptadas para recirculação	m <sup>3</sup> /h	45,0
Nº. de horas de funcionamento para recirculação a 150%	h/d	22,1
<b>Volume da EE considerando todas as bombas</b>		
Nº. de poços de bombagem	un	1,0
N.º de bombas de recirculação/poço	un	1,0
Caudal unitário das bombas de recirculação	m <sup>3</sup> /h	45,0
N.º de bombas de lamas em excesso/poço	un	1,0
Caudal unitário das bombas de lamas em excesso	m <sup>3</sup> /h	16,0
Nº. de bombas activas/poço	un	2,0
N.º total de bombas de lamas em excesso/poço		1 (+1)
N.º total de bombas de recirculação/poço		1 (+1)
Nº. Máximo de arranques	1/h	10,0
Volume unitário mínimo útil necessário	m <sup>3</sup>	1,1

A recirculação e extração de lamas em excesso serão asseguradas por uma estação elevatória comum às duas etapas. Os resultados do dimensionamento da elevação das lamas em excesso estão junto com a produção de lamas em excesso, na tabela 19.



#### 4.1.5. TRATAMENTO TERCIÁRIO

##### 4.1.5.1. Microtamisação e Desinfecção | Critérios de dimensionamento e Resultados de dimensionamento

O tratamento terciário será constituído por uma etapa de microtamisação seguida de uma etapa de desinfecção por ultravioleta.

A conceção do sistema de filtração/desinfecção é desenvolvida de forma a garantir um grau de desinfecção correspondente a uma qualidade de descarga com valores de *Enterococcus* Intestinais e *Escherichia Coli* inferiores a 400 e 1 000 NMP/100mL, respetivamente, (média de 30 dias) ao caudal máximo, estando previsto que este sistema funcione durante a época balnear.

Por se tratarem de equipamentos específicos, são dados aos fornecedores destes equipamentos os valores a seguir apresentados na tabela 24, para dimensionamento e proposta de equipamentos por parte do fornecedor.

TABELA 24 – MICROTAMISAÇÃO E Desinfecção | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

TRATAMENTO TERCIÁRIO		
Dados para dimensionamento		
Caudal máximo afluente	m <sup>3</sup> /h	63
Caudal médio afluente	m <sup>3</sup> /d	570
Concentração de SST afluentes	mg/L	35
SST afluentes	kg/d	20
Critérios e Resultados do dimensionamento		
<b>MICROTAMISAÇÃO</b>		
N.º de unidades	un	1
Capacidade unitária necessária	m <sup>3</sup> /h	63
Capacidade unitária adoptada	m <sup>3</sup> /h	65
<b>DESINFECÇÃO POR UV</b>		
Enterococcus Intestinais (NMP/100 ml)	NMP/100 mL	400
Escherichia Coli (NMP/100 ml)	NMP/100 mL	1 000
SST máximos afluentes à desinfecção	mg/l	20
Transmitância	%	60
N.º de unidades	un	1
Capacidade unitária necessária	m <sup>3</sup> /h	63
Capacidade unitária adoptada	m <sup>3</sup> /h	65

## 4.2. FASE SÓLIDA

A concentração das lamas à saída dos decantadores secundários é de cerca de 8,3 g/L. O seu tratamento comportará uma fase de espessamento, seguida de desidratação. Em primeiro lugar, é necessário assegurar a sua concentração para valores de 2% (20 g/L), que será efetuada por espessamento gravítico, para posteriormente na desidratação conseguir-se  $20 \pm 2$  % (200 g/L).

Os equipamentos da fase sólida serão dimensionados para trabalhar num turno de 6 horas por dia, 5 dias por semana.

### 4.2.1. ESPESSAMENTO GRAVÍTICO

As bases de dimensionamento da etapa de espessamento gravítico das lamas em excesso foram as constantes na tabela 25, a seguir apresentada.

**TABELA 25 – ESPESSAMENTO GRAVÍTICO | CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

Espessamento gravítico		
Condições de afluência		
Caudal massico total diário de lamas á entrada do espessador	kg/d	266,0
Espessamento gravítico		
Critérios de dimensionamento		
N.º de dias de funcionamento da desidratação	d/sem	5
N.º de horas da desidratação	h/d	6
Concentração das lamas primárias á entrada do espessador	kg/m <sup>3</sup>	8,3
Caudal total diário de lamas á entrada do espessador	m <sup>3</sup> /d	32,0
Tempo de retenção minimo	d	1,5

Em conformidade com os valores acima apresentados, o espessador gravítico preconizado terá as características apresentadas na tabela 26.

TABELA 26 – ESPESSAMENTO GRAVÍTICO | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Espessamento gravítico		
Resultados do dimensionamento		
Volume mínimo necessário	m <sup>3</sup>	48,1
Altura útil do espessador	m	3,0
Área total necessária	m <sup>2</sup>	16,0
N.º de espessadores	un	1,0
Área unitária necessária	m <sup>2</sup>	16,0
Diâmetro unitário necessário	m	4,5
Diâmetro de espessador	m	4,6
Área do espessador	m <sup>2</sup>	16,6
Volume útil total	m <sup>3</sup>	49,9
Tempo de retenção real	d	1,6
Carga de volume de lamas (SVR)	d	4,2
Caudal mássico à entrada do espessador	kg/d	266,0
Carga em sólidos	kg/m <sup>2</sup> /d	16,0
Concentração de lamas espessadas	kg/m <sup>3</sup>	20,0
Eficiência do espessador	%	90,0
Caudal mássico de lamas espessadas - 5 d/sem	kg/d	239,4
Caudal diário de lamas espessadas - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /d	12,0
Caudal horário de lamas espessadas - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /h	2,0
Caudal mássico de sobrenadantes em termos de MLSS	kg/d	26,6
Caudal diário de Sobrenadantes - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /d	20,1
Caudal horário de Sobrenadantes - 5 d/sem	m <sup>3</sup> /h	3,3

Após espessamento, as lamas são elevadas para desidratação no filtro de banda. A elevação foi dimensionada conforme apresentada na tabela 27.

TABELA 27 – ELEVAÇÃO DAS LAMAS ESPESSADAS | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Elevação das lamas espessadas		
Resultados do dimensionamento		
Produção de lamas espessadas	kg/d	239,4
Caudal de lamas espessadas	m <sup>3</sup> /d	12,0
Concentração de lamas espessadas	kg/m <sup>3</sup>	20,0
N.º de bombas	un	1
N.º de horas de funcionamento da desidratação	h/d	6,0
N.º de dias de funcionamento da desidratação	d/sem	5
Produção de lamas espessadas - 5 dias/semana	kg/d	239,4
Caudal de lamas espessadas - 5 dias/semana	m <sup>3</sup> /d	12,0
Caudal unitário necessário	m <sup>3</sup> /h	2,00
Capacidade de funcionamento da bomba ao caudal pretendido		0,70
Capacidade unitária necessária com folga	m <sup>3</sup> /h	2,85
Caudal unitário adotado	m <sup>3</sup> /h	0,3 - 3
Pressão de descarga	bar	2

#### 4.2.2. DESIDRATAÇÃO MECÂNICA

A desidratação mecânica será assegurada por uma unidade tipo filtro banda cujos critérios de dimensionamento tidos em consideração foram os constantes na tabela 28.

TABELA 28 – DESIDRATAÇÃO MECÂNICA | CONDIÇÕES DE AFLUÊNCIA | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Desidratação de lamas		
Condições de afluência		
Caudal mássico de lamas a tratar	kg/d	239,4
Concentração das lamas biológicas á entrada do tratamento	kg/m <sup>3</sup>	20,0
Caudal de lamas á entrada do tratamento	m <sup>3</sup> /d	11,97
Caudal de lamas	m <sup>3</sup> /h	2,00
Caudal mássico de lamas	kg/h	39,9
Desidratação de lamas		
Critérios de dimensionamento		
N.º de dias de funcionamento da desidratação	d/sem	5
N.º. de horas de funcionamento por dia	h/d	6,0
Concentração de lamas após tratamento	g/l	180
Eficiência do sistema de tratamento	%	95

A unidade de desidratação mecânica a implementar terá as características constantes na tabela 29, a seguir apresentada.

TABELA 29 – DESIDRATAÇÃO MECÂNICA | RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO

Desidratação de lamas		
Resultados do dimensionamento		
Caudal mássico de lamas tratadas	kg/d	227,4
Caudal diário de lamas tratadas	m <sup>3</sup> /d	1,26
Caudal horário de lamas tratadas	m <sup>3</sup> /h	0,21
Caudal mássico de escorrências em termos de MLSS	kg/d	12,0
Caudal diário de escorrências em termos de MLSS	m <sup>3</sup> /d	10,7
Caudal horário de escorrências	m <sup>3</sup> /h	1,78
Consumo específico de água de lavagem	m <sup>3</sup> /h	6
Pressão da bomba de lavagem	bar	5
N.º de filtros de banda	un	1
Capacidade unitária necessária do filtro	m <sup>3</sup> /h	2,00
Capacidade unitária necessária do filtro	kg/h	39,9
Capacidade volúmica unitária adoptada	m <sup>3</sup> /h	2 a 8
Largura da tela	m	0,8
Consumo de água de lavagem	m <sup>3</sup> /d	36,0

Como referido em 3.3.2., a desidratação será realizada após condicionamento químico, sendo utilizado como agente condicionante um polielectrólito específico.

Os critérios utilizados no dimensionamento do sistema de preparação e doseamento de polielectrólito para a etapa de desidratação, e os resultados obtidos são os indicados na tabela 30 e 31, respetivamente:

TABELA 30 - DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE POLIELETRÓLITO PARA DESIDRATAÇÃO DE LAMAS | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Dosagem de solução de polielectrólito para desidratação de lamas		
Critérios de dimensionamento		
Dosagem máx. de polímero	kg/ton MS	12
Concentração de polímero conc	g/L	4

TABELA 31- DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE POLIELETRÓLITO PARA DESIDRATAÇÃO DE LAMAS | RESULTADO DE DIMENSIONAMENTO

Dosagem de solução de polieletrólito para desidratação de lamas		
Resultados do dimensionamento		
Dosagem diária de polímero	kg/d	2,9
Caudal diário de polímero conc	m <sup>3</sup> /d	0,72
N.º de bombas	un	1
Capacidade unitária necessária	L/h	119,7
Capacidade de funcionamento da bomba ao caudal pretendido		0,70
Capacidade unitária necessária	L/h	171,0
Pressão de descarga	bar	2
Concentração de polímero dil	g/L	1
Caudal diário total de polímero dil	m <sup>3</sup> /d	2,9
	L/h	478,8
Caudal total de água de diluição	L/h	359,1
N.º de painéis de diluição	un	1
Capacidade unitária necessária dos painéis de diluição	m <sup>3</sup> /h	0,36
Capacidade unitária adoptada dos painéis de diluição	m <sup>3</sup> /h	0,5
Tempo de maturação	h	1,0
Coefficiente		2,0
N.º de polypacks	un	1
Capacidade de doseamento necessária do polypack	L/h	119,7
Capacidade unitária necessária dos polypacks	L	239,4
Capacidade unitária adoptada dos polypacks	L/h	550,0

#### 4.2.3. ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESIDRATADAS

Após o tratamento da fase sólida, as lamas desidratadas serão armazenadas em contentor do tipo *polibenne*.

Os critérios e resultados de dimensionamento, bem como as condições de funcionamento, encontram-se explanados na tabela 32, a seguir apresentada.

TABELA 32 – ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESIDRATADAS

Transporte e armazenamento de lamas desidratadas		
Critérios e Resultados do dimensionamento		
Produção de lamas desidratadas	m <sup>3</sup> /h	0,21
N.º de tapetes transportadores	un	1
Capacidade unitária necessária	m <sup>3</sup> /h	0,21
Capacidade unitária adoptada	m <sup>3</sup> /h	0,25
Autonomia de armazenamento	d	5
Volume necessário de armazenamento	m <sup>3</sup>	1,1

---

#### 4.2.4. SOBRENADANTE E ESCORRÊNCIAS

O sobrenadante do espessador gravítico, bem como as escorrências produzidas na desidratação e nas demais etapas de tratamento, afluem graviticamente ao tanque de fossas sépticas.

Nas tabelas 26 e 29 encontram-se estimadas as contribuições das escorrências, quer em termos de caudal quer em termos de concentração de SST.

#### 4.3. MEDIÇÃO DE CAUDAL

A medição de caudal à entrada (após o tratamento preliminar) e à saída da ETAR é efetuada através de soleira de Parshall provida de medidor de nível ultrassónico.

Cada um dos canais de Parshall terá as características abaixo apresentadas, na tabela 33:

As informações de caudais são facultadas pelos fornecedores dos medidores de caudal.

TABELA 33 – SOLEIRA DE PARSHALL

Medição de caudal descarga da ETAR	
Tipo	Canal Parshall
Número (un)	2,0
Largura da secção estrangulada	2"
Caudal mínimo (m3/h))	0,6
Caudal máximo (m3/h)	47,5

## 5. CONCLUSÕES

A água é um recurso natural escasso cuja qualidade deve ser protegida, defendida, gerida e tratada em conformidade com o seu uso. Nesse âmbito, a gestão das águas prossegue objetivos de proteção da saúde humana e de preservação, proteção e melhoria da qualidade do ambiente [1].

Este trabalho teve como objetivo a conceção e dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) para 3200 habitantes equivalentes para que a água tratada cumpra com os objetivos de qualidade legais (decreto-lei n.º152/97<sup>[2]</sup>, decreto-lei n.º149/2004<sup>[3]</sup> e decreto-lei n.º135/2009<sup>[1]</sup>) e consequentemente preserve o meio hídrico onde é descarregado.

A ETAR tem como objetivo tratar as águas residuais produzidas no seu subsistema, tratar ainda na fase líquida lamas de fossas sépticas, receber as lamas espessadas provenientes das ETAR dos subsistemas próximos para, juntamente com as lamas produzidas na ETAR, sofrerem um processo de espessamento e desidratação mecânica.

O esquema de tratamento preconizado para a presente instalação desenvolve-se segundo uma linha (à exceção do tanque de arejamento que possuirá 2 linhas), estando dimensionado, quer em termos hidráulicos, quer em termos processuais, para o ano horizonte de projeto. Baseia-se num sistema de tratamento biológico por lamas ativadas em regime de baixa carga.

Relativamente à fase líquida, o esquema de tratamento desenvolvido inicia-se com tratamento preliminar, constituído pelas operações unitárias de gradagem grossa manual (40 mm), gradagem fina (5 mm) e desarenamento/desengorduramento recorrendo a injeção de ar difuso. As etapas de gradagem fina e de desarenamento/desengorduramento ocorrerão num equipamento compacto pré-fabricado. Os gradados, areias e gorduras removidos serão encaminhados para os respetivos contentores de armazenamento.

Paralelamente à unidade compacta de pré-tratamento, existirá um *bypass* provido de gradagem grossa manual (10 mm). Os gradados aqui retidos serão removidos manualmente através de ancinho. Esta gradagem apenas entrará em funcionamento nos casos em que seja necessário colocar a unidade compacta fora de serviço. A gradagem de *bypass* será colocada em serviço através de manobra de válvulas de isolamento da unidade compacta e do canal de *bypass*, encaminhando o afluente para o tratamento biológico.

As lamas provenientes de fossas sépticas serão sujeitas a gradagem manual e armazenadas num tanque agitado e arejado de modo a evitar a ocorrência de ambientes anaeróbios responsáveis pela produção de odores desagradáveis, sendo posteriormente enviadas para o início do tratamento preliminar, por meio de bombagem. A esse tanque afluirão também as escorrências e águas residuais produzidas no interior da ETAR.

Após o tratamento preliminar, o efluente é encaminhada graviticamente para o seletor de biomassa, onde se promove o controlo biológico da biomassa, nomeadamente, a proliferação de bactérias filamentosas



responsáveis pelos fenómenos de “*bulking*” que dificultam a sedimentação das lamas ativadas na etapa de decantação. Neste órgão de tratamento, as águas residuais provenientes do tratamento preliminar misturam-se com as lamas recirculadas, promovendo-se um choque de elevada carga orgânica em ambiente anaeróbio favorável ao crescimento de microrganismos não filamentosos. Este seletor será provido de agitador submersível.

Depois do seletor de biomassa, o efluente é encaminhado para a etapa aeróbia. De forma a flexibilizar o processo de tratamento, esta etapa será constituída por dois tanques de arejamento. O fornecimento do oxigénio necessário será assegurado por dois arejadores verticais de superfície (turbina), um para cada tanque de arejamento.

A decantação secundária será assegurada por um órgão de planta circular, provido de ponte raspadora de fundo e de superfície. As escumas removidas serão encaminhadas graviticamente para a rede de escoamentos da ETAR.

Após o tratamento biológico, as águas residuais serão sujeitas a tratamento terciário composto por uma etapa de microtamisação seguida de desinfecção por U.V., podendo então ser admitidas no meio recetor.

Adjacente ao decantador existirá uma estação elevatória de recirculação e extração de lamas. As lamas recirculadas serão elevadas para o seletor de biomassa, sendo que as lamas em excesso serão encaminhadas para a linha de tratamento da fase sólida.

Assim, conjuntamente com as lamas espessadas trazidas de outras ETAR, as lamas em excesso resultantes dos tratamento biológico, são purgadas da fase líquida de tratamento e sujeitas a processos de redução de volume, recorrendo primeiramente ao seu espessamento e finalmente à desidratação por meios mecânicos.

Nos sistemas de lamas ativadas em baixa carga, o elevado tempo de retenção de lamas proporciona a sua estabilização, não carecendo de processos de estabilização adicionais.

Resumidamente, o esquema de tratamento é composto pelas seguintes operações unitárias

**- Fase líquida**

- gradagem grossa de 40 mm;
- receção de lamas de fossas sépticas com gradagem grossa de 10 mm;
- remoção de gradados, areias, óleos e gorduras em equipamento compacto;
- gradagem grossa de 10 mm no canal de *bypass* ao equipamento compacto;
- medição do caudal afluente à ETAR;
- seletor de biomassa com o volume de 10 m<sup>3</sup>;
- tanques de arejamento constituído por duas linhas de cerca de 400 m<sup>3</sup> de volume;
- decantação secundária em decantador circular com 9.5 m de diâmetro;

- 
- recirculação de lamas;
  - microtamisação e desinfecção U.V do efluente tratado;
  - medição do caudal de descarga da ETAR;

E por,

- **Fase sólida**

- elevação das lamas biológicas em excesso;
- espessamento gravítico com diâmetro de 4.6 m;
- condicionamento das lamas espessadas com polielectrólito;
- desidratação mecânica das lamas espessadas num filtro de banda;
- transporte de lamas desidratadas;
- armazenamento de lamas desidratadas em contentor.

---

## BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

- [1] Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho - Estabelece o regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público sobre as mesmas, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/7/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Fevereiro, relativa à gestão da qualidade das águas balneares, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;
- [2] Decreto-lei nº 152/97, de 19 de Junho, Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;
- [3] Decreto-lei nº 149/2004, de 22 de Junho, Altera o Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativamente ao tratamento de águas residuais e aprovou uma lista de identificação de zonas sensíveis e de zonas menos sensíveis, bem como um mapa, constantes do anexo II ao referido diploma legal, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;
- [4] Sonune A., Ghatte R. (2004), Developments in wastewater treatment methods. Desalination 167 55-63
- [5] Bitton G. (2011), Wastewater Microbiology, 4th edition, John Wiley & Sons, New Jersey;
- [6] Metcalf & Eddy (2003), Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th edition, McGraw Hill, New York;
- [7] Ramalho, R.S., Introduction to wastewater treatment processes, 2th edition, Academic Press Inc London UK;